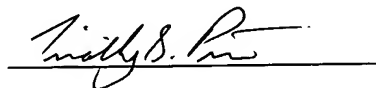


VERIFICATION OF TRANSLATION

I, Timothy S. Price, translator at Nakajima & Matsumura Patent Attorneys Office, 6F Yodogawa 5-Bankan, 3-2-1 Toyosaki, Kita-ku, Osaka, 531-0072, Japan, hereby declare that I am conversant with the English and Japanese languages and am a competent translator thereof. I further declare that to the best of my knowledge and belief the following is a true and correct translation made by me of Japanese Patent No. 2836687 filed on April 3, 1993.

Date: December 19, 2005

A handwritten signature in cursive script, reading "Timothy S. Price", is written over a horizontal line.

Timothy S. Price

Issued: October 9, 1998

Published: December 14, 1998

5 (54) [TITLE OF THE INVENTION] GALLIUM NITRIDE COMPOUND
SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE

(57) [CLAIMS]

[CLAIM 1]

10 A gallium nitride compound semiconductor light emitting
device, wherein

gallium nitride compound semiconductor layers, which are
to be a light emitting device, are grown on an off-angled substrate
of a sapphire substrate c-plane (0001), and

15 a surface of an uppermost gallium nitride compound
semiconductor layer is caused to be a nonspecular surface.

[CLAIM 2]

The gallium nitride compound semiconductor light emitting
device of claim 1, wherein

20 an angle of the off-angled substrate is between 0.2° and
15° inclusive, relative to a sapphire c-plane.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

25 [INDUSTRIAL APPLICABILITY]

The present invention relates to a gallium nitride
compound semiconductor light emitting device composed of gallium

nitride compound semiconductors, expressed by the general formula $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$, $0 \leq y < 1$), that are laminated on a sapphire substrate, and a manufacturing method for the same.

[0002]

5 [DESCRIPTION OF THE RELATED ART]

Gallium nitride compound semiconductors such as GaN, GaAlN, InGaN and InAlGaN have direct transition band structures, have band gaps which vary from 1.95 eV to 6 eV, and emit light ranging from ultraviolet to red, which makes them prospective materials for light emitting devices such as light emitting diodes, laser diodes and the like. Light emitting devices composed of these gallium nitride compound semiconductors are generally obtained by using a vapor-phase growth method such as MOCVD or MBE to grow n-type and p-type, or n-type and i-type layers on a sapphire substrate, fixing electrodes taken from the layers to a lead frame as a chip, and lastly performing sealing using an epoxy resin or the like.

[0003]

However, given that these gallium nitride compound semiconductor light emitting devices have a so-called heteroepitaxial structure in which the gallium nitride compound semiconductors are laminated on a sapphire substrate that is of an entirely dissimilar material, they are disadvantageous in terms of poor external quantum efficiency compared with other light emitting devices in which gallium nitride compound semiconductors are laminated on the same materials such as GaAs, GaP, etc., due

to the difference in refractive index between the substrate and the epitaxial film. Specifically, as a result of the differences in refractive index between the sapphire substrate and the gallium nitride compound semiconductors, and between the gallium nitride compound semiconductor device and the sealing resin, light emitted by the gallium nitride compound semiconductors multi-reflects off their interfaces, causing interference, and the reflected light is absorbed within the gallium nitride compound semiconductors. Thus, emitted light cannot be efficiently output externally.

[0004]

[THE PROBLEMS THE INVENTION IS GOING TO SOLVE]

It is possible to improve the light emission efficiency by improving the external quantum efficiency, if interference can be reduced by suppressing the multi-reflection of light between the gallium nitride compound semiconductors and the substrate, and between the gallium nitride compound semiconductor device and the sealing resin. Consequently, the present invention is accomplished in view of the above issue, and aims to improve the external quantum efficiency of the gallium nitride compound semiconductor light emitting device by suppressing interference that occurs as a result of the multi-reflection of light within the gallium nitride compound semiconductors.

[0005]

[MEANS TO SOLVE THE PROBLEMS]

After performing numerous experiments in order to suppress multi-reflection within gallium nitride compound semiconductors

and increase external quantum efficiency, we have newly discovered that it is possible to solve the above issues by causing internally reflecting light to reflect diffusely off an interface of an uppermost gallium nitride compound semiconductor layer. In other
5 words, in the gallium nitride compound semiconductor light emitting device of the present invention, gallium nitride compound semiconductor layers, which are to be a light emitting device, are grown on an off-angled substrate of a sapphire substrate c-plane (0001), and a surface of an uppermost gallium nitride compound
10 semiconductor layer is caused to be a nonspecular surface. It is desirable to have an angle of the off-angled substrate be between 0.2° and 15° inclusive, relative to a sapphire c-plane.
[0006]

Fig.1 is a schematic cross-section view of a gallium
15 nitride compound semiconductor light emitting device pertaining to embodiment 1 of the present invention. This light emitting device is composed of an n-type GaN layer 2 and a p-type or high-resistance i-type GaN layer 3 (hereinafter, a p-type GaN layer) that are laminated in order on a sapphire substrate 1,
20 where a portion of the p-type GaN layer is etched to expose the n-type GaN layer, and electrodes are formed in the n-type GaN layer and the p-type GaN layer. Furthermore, a surface of the top-layer p-type GaN layer that forms an electrode is made a nonspecular surface. In the gallium nitride compound
25 semiconductor light emitting device with this structure, a light emission view plane is the sapphire substrate 1 side.
[0007]

Also, Fig.2 is a schematic cross-section view of a gallium nitride compound semiconductor device pertaining to other embodiments of the present invention. This light emitting device is structurally similar to Fig.1 in that the same top-layer p-type GaN layer 3 that forms an electrode is given a nonspecular surface, although the light emission view plane is the p-type GaN layer 3 side.

[0008]

In order to give the top gallium nitride compound semiconductor layer a nonspecular surface (i.e., a condition in which minute bumps and ridges are formed) as shown in these figures, there is a first method of giving the top layer a nonspecular surface during growth, and a second method of giving the top layer a nonspecular surface using a chemical or physical method after growth. The first method is a method in which the gallium nitride compound semiconductor is laminated onto an off-angled substrate of a sapphire substrate c-plane (0001). Gallium nitride compound semiconductors are often grown in layers on a normal sapphire substrate c-plane. Growth on the c-plane results in a gallium nitride compound semiconductor whose top layer has a specular surface. However, the method of the present invention allows giving the top gallium nitride compound semiconductor layer a nonspecular surface by step-growing n-type, p-type or i-type gallium nitride compound semiconductor layers onto an off-angled substrate of the c-plane, that is to say, onto a sapphire substrate that is shifted a few degrees from the c-plane. It is preferable to make the angle (shifted angle) of the off-angled substrate

between 0.2° and 15° inclusive, relative to the sapphire c-plane. An angle smaller than 0.2° makes it difficult to give a nonspecular surface, while the crystalline properties of gallium nitride compound semiconductors deteriorate if the angle is larger than 15° , and the output of the light emitting device tends to decline.

[0009]

On the other hand, the second method involves providing minute bumps and ridges to give a nonspecular surface by etching or polishing a specular surface of the top gallium nitride compound semiconductor layer. Wet etching, which uses a mixed acid including phosphoric acid and sulfuric acid, and dry etching, which uses an RIE (Reactive Ion Etching) device or the like, are two examples of etching methods, either of which may be used. With polishing, even an extremely hard gallium nitride compound semiconductor with a Mohs hardness of substantially 9 can be polished by selecting an appropriate abrasive, thereby enabling the surface to be made nonspecular. Of the above first and second methods, it is preferable to use the first method to give a nonspecular surface. The reason for this is that the second method involves forcibly making marks on the crystal either physically or chemically, whereas the crystal is not damaged in the first method since the top layer is given a nonspecular surface naturally during growth. Consequently, when the gallium nitride compound semiconductor is made a light emitting device, emission intensity is at risk of deteriorating with the second method, although there is no such concern with the first method. Also, the first method can omit the extra steps in the second method since the gallium

nitride compound semiconductors are grown on the off-angled substrate from the beginning, making the first method superior in terms of productivity.

[0010]

5 [EFFECTS]

Figs.3 and 4 are schematic cross-section views comparing optical paths of a conventional gallium nitride compound semiconductor light emitting device and the gallium nitride compound semiconductor light emitting device of the present invention in light emitting states. Characters in these figures represent the same materials as the characters in Figs.1 and 2. Note that the p-type GaN layer 3 is a light emitting layer in the light emitting devices with this structure. Here, in the case where the refractive index of sapphire is approximately 1.6, and 15 the refractive index of the gallium nitride compound semiconductor is approximately 2, due to the fact that the materials of the sapphire substrate 1 and the gallium nitride compound semiconductors 2 and 3 in the conventional light emitting device as shown in Fig.3 each have different refractive indexes, a portion 20 of light emitted from the p-type GaN layer 3 is reflected by an interface of the p-type GaN layer 4 and an exterior (an epoxy resin is often used in the case of a light emitting diode), multi-reflection occurs due to the reflected light being reflected by an interface of the sapphire substrate 1 and the n-type GaN 25 layer 2, and the light is absorbed within the gallium nitride compound semiconductor layers 2 and 3, causing attenuation. Since the n-type GaN layer 2 and the p-type GaN layer 3 are composed

of the same material and can be considered to have nearly the same refractive index, multi-reflection off semiconductor layer interfaces can be considered to be 0. On the other hand, in the case where the top-layer p-type GaN layer 3 is given a nonspecular
5 surface as in the present invention of Fig.4, multi-reflection within the gallium nitride compound semiconductors is suppressed, and the interference of light can be reduced since light reflected by the interface between the sapphire substrate 1 and the n-type GaN layer 2 is scattered by the nonspecular-surfaced p-type GaN
10 layer.

[0011]

[EMBODIMENTS OF THE INVENTION]

(Embodiment 1)

A sapphire off-angled substrate shifted 1° from a c-plane
15 is provided, and a GaN buffer layer, an Si-doped n-type GaN layer and an Mg-doped p-type GaN layer are grown in order thereupon using an MOCVD method. As a result, countless numbers of minute bumps and ridges are formed on a surface of the p-type GaN layer that was grown. Next, a predetermined pattern is formed on this
20 p-type GaN layer using a photolithography technique, a portion of the p-type GaN layer is etched, and after exposing the n-type GaN layer only where electrodes are to be formed, ohmic electrodes are attached to the p-type GaN layer and the n-type GaN layer. When a current is applied to both the electrodes and an emission spectrum
25 is measured, this gallium nitride compound semiconductor has a spectrum as shown in Fig.5(a), with a peak at 400 nm.

[0012]

On the other hand, a conventional gallium nitride compound semiconductor light emitting device similarly grown on a sapphire substrate c-plane was created in the same way for comparison. Upon measuring the spectrum, the conventional gallium nitride
5 compound semiconductor light emitting device has a spectrum as shown by the dotted line in Fig.5(b), with the same peak at 400 nm.

[0013]

When Figs.5(a) and (b) are compared, Fig.5(b) shows not
10 only the 400 nm peak, but also weak peaks near 410 nm, 430 nm and 460 nm due to multi-reflection. On the other hand, these peaks cannot be seen in Fig.5(a), which is the spectrum of the light emitting device of the present invention. The spectrum is a broad curve, and it is apparent that multi-reflection is being mitigated.
15 Furthermore, emission intensity is improved 10% in Fig.5(a).

[0014]

(Embodiment 2)

Other than using a sapphire off-angled substrate shifted 10° from the c-plane, embodiment 2 is similar to embodiment 1.
20 Upon being made a light emitting device, the same spectrum and substantially the same emission intensity was observed.

[0014]

(Embodiment 3)

A GaN buffer layer, an Si-doped n-type GaN layer and an
25 Mg-doped p-type GaN layer are laminated similarly to embodiment 1, except for being grown on a sapphire substrate c-plane. Furthermore, a wafer on which the gallium nitride compound

semiconductors were layered is immersed in a mixed acid including phosphoric acid and sulfuric acid, and electrodes are provided similarly to embodiment 1, except for making the p-type GaN layer surface nonspecular. Upon measuring the emission spectrum, the same broad curve as in embodiment 1 is obtained, and the intensity is reduced approximately 10% compared with embodiment 1.

[0016]

(Embodiment 4)

Other than growing a GaN buffer layer, an n-type GaN layer and a p-type GaN layer on a sapphire c-plane similarly to embodiment 2; and etching the p-type GaN layer of the wafer using RIE to make the surface nonspecular, embodiment 4 is similar to embodiment 1. Upon measuring the emission spectrum of the light emitting device, the same broad curve as in embodiment 1 is obtained, and the intensity is reduced approximately 5% compared with embodiment 1.

[0017]

[EFFECTS OF THE INVENTION]

As described above, the gallium nitride compound semiconductor device of the present invention can suppress the interference of light resulting from multi-reflection within the gallium nitride compound semiconductor layers by making the surface of the top gallium nitride compound semiconductor layer a nonspecular surface. Consequently, it is possible to effectively output emitted light of the gallium nitride compound semiconductors, and improve the external quantum efficiency of the light emitting device. Also, given that peaks other than the

desired light emission peak do not appear as a result of interference,
it is possible to improve color purity when using the gallium
nitride compound semiconductor to form a blue-light diode.

5 [BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS]

Fig.1 is a schematic cross-section view of a gallium
nitride compound semiconductor light emitting device pertaining
to embodiment 1 of the present invention.

Fig.2 is a schematic cross-section view of a gallium
10 nitride compound semiconductor device pertaining to other
embodiments of the present invention.

Fig.3 is a schematic cross-section view showing optical
paths of a conventional gallium nitride compound semiconductor
light emitting device.

15 Fig.4 is a schematic cross-section view showing optical
paths of the gallium nitride compound semiconductor light emitting
device pertaining to embodiment 1 of the present invention.

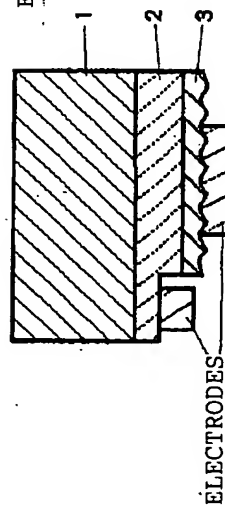
Fig.5 shows a comparison of emission spectrums of the
gallium nitride compound semiconductor light emitting device
20 pertaining to embodiment 1 of the present invention and the
conventional gallium nitride compound semiconductor light
emitting device.

[DESCRIPTION OF CHARACTERS]

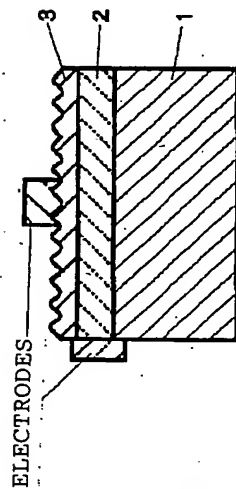
25 1.....sapphire substrate 2.....n-type GaN layer
3.....p-type GaN layer

(4)

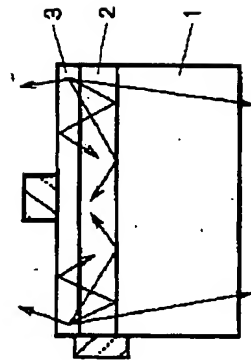
[FIG. 1]



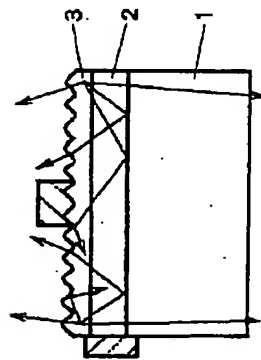
[FIG. 2]



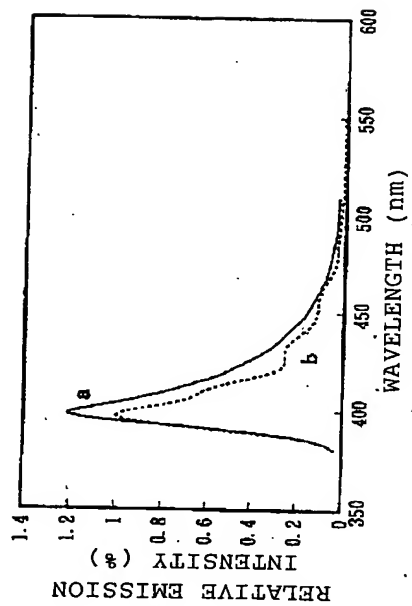
[FIG. 3]



[FIG. 4]



[FIG. 5]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2836687号

(45) 発行日 平成10年(1998)12月14日

(24) 登録日 平成10年(1998)10月9日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

請求項の数2(全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平5-100215

(22) 出願日 平成5年(1993)4月3日

(65) 公開番号 特開平6-291368

(43) 公開日 平成6年(1994)10月18日

審査請求日 平成8年(1996)4月10日

(73) 特許権者 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 山田 元量

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜

化学工業株式会社内

(72) 発明者 中村 修二

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜

化学工業株式会社内

(72) 発明者 田中 政信

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜

化学工業株式会社内

審査官 杉山 輝和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 サファイア基板C面(0001)のオフ基板の上に発光素子となる窒化ガリウム系化合物半導体層が成長され、その窒化ガリウム系化合物半導体の最上層の表面が非鏡面とされていることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項2】 前記オフ基板の角度はサファイアC面に対し、0.2°以上、15°以下であることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はサファイア基板上に一般式 $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$, $0 \leq y < 1$) で表される窒化ガリウム系化合物半導体が積層されてなる

2

窒化ガリウム系化合物半導体発光素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 GaN 、 GaAlN 、 InGaN 、 InAlGaN 等の窒化ガリウム系化合物半導体は直接遷移を有し、バンドギャップが1.95eV~6eVまで変化し、その発光色は紫外から赤色にまで及ぶため、発光ダイオード、レーザダイオード等、発光素子の材料として有望視されている。その窒化ガリウム系化合物半導体よりなる発光素子は、一般にMOCVD、MBE法等の気相成長法を用いてサファイア基板上にn型及びp型、あるいはn型及びi型に成長して積層し、それぞれの層から電極を取り出した後、チップ状としてリードフレームに固定し、最後にエポキシ等の樹脂で封止することによって得られる。

10

3

【0003】しかしながら、その窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、前記のようにサファイア基板の上に、窒化ガリウム系化合物半導体という全く異なる材料を積層するいわゆるヘテロエピタキシャル構造であるため、他のGaAs、GaP等、同一材料の上に積層される発光素子に比して、基板とエピタキシャル膜との屈折率の違いにより外部量子効率が悪くなるという欠点を有している。具体的にはサファイア基板と窒化ガリウム系化合物半導体との屈折率の違い、および窒化ガリウム系化合物半導体素子とそれを封止する樹脂との屈折率の違いにより、窒化ガリウム系化合物半導体の発光がそれらの界面で多重反射されて干渉し、反射光は窒化ガリウム系化合物半導体内部で吸収されてしまい、発光を効率よく外部に取り出せないという問題がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】窒化ガリウム系化合物半導体と基板、および封止樹脂との多重反射を抑制し、干渉を少なくすることができれば、外部量子効率を向上させて、発光効率を向上させることができる。従って、本発明はこのような事情を鑑み成されたものであり、その目的とするところは、窒化ガリウム系化合物半導体内部の光の多重反射により起こる干渉を抑えることにより、窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の外部量子効率を向上させることにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】我々は窒化ガリウム系化合物半導体内部の多重反射を抑制し、外部量子効率を上げるため数々の実験を行ったところ、内部で反射する光を最上層の窒化ガリウム系化合物半導体の界面で乱反射させることにより、上記問題が解決できることを新たに見いだした。即ち、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、サファイア基板C面(0001)のオフ基板の上に発光素子となる窒化ガリウム系化合物半導体層が成長され、その窒化ガリウム系化合物半導体の最上層の表面が非鏡面とされていることを特徴とする。前記オフ基板の角度はサファイアC面に対し、 0.2° 以上、 15° 以下であることが望ましい。

【0006】本発明の一実施例に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の模式断面図を図1に示す。この発光素子はサファイア基板1の上に、n型Ga_{0.4}N_{0.6}層2と、p型あるいは高抵抗なi型Ga_{0.4}N_{0.6}層3(以下p型Ga_{0.4}N層という)とを順に積層してなり、p型Ga_{0.4}N層の一部をエッチングしてn型Ga_{0.4}N層を露出させ、n型Ga_{0.4}N層およびp型Ga_{0.4}N層に電極を形成している。さらに電極を形成する最上層のp型Ga_{0.4}N層表面を非鏡面としている。この構造の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において発光観測面はサファイア基板1側である。

【0007】また図2に本発明の他の実施例に係る窒化ガリウム系化合物半導体素子の模式断面図を示す。これも構造的には図1と同様であって、同じく電極を形成す

4

る最上層のp型Ga_{0.4}N層3を非鏡面としているが、この発光素子は発光観測面がp型Ga_{0.4}N層3側となっている。

【0008】これらの図に示すように窒化ガリウム系化合物半導体の最上層を非鏡面、即ち微細な凹凸が形成された状態とするには、第一に成長中より最上層を非鏡面とする方法と、第二に成長後最上層を化学的または物理的方法によって非鏡面とする方法とがある。第一の方法は、窒化ガリウム系化合物半導体をサファイア基板のC面(0001)からのオフ基板上に積層する方法である。窒化ガリウム系化合物半導体は通常サファイア基板のC面に成長されて積層されることが多く、C面上に成長することにより最上層を鏡面とする窒化ガリウム系化合物半導体を得ている。しかし本発明の方法では、C面からのオフ基板、つまりC面から角度を数度ずらしたサファイア基板上に、窒化ガリウム系化合物半導体をn型、およびp型あるいはi型にステップ成長させて積層することにより、最上層の窒化ガリウム系化合物半導体を非鏡面とすることができる。オフ基板の角度(ずらした角度)はサファイアのC面に対し、 0.2° 以上、 15° 以下が好ましい。 0.2° より小さいと非鏡面となりにくく、また 15° よりも大きいと窒化ガリウム系化合物半導体の結晶性が悪くなり発光素子の出力が低下する傾向にある。

【0009】一方、第二の方法は、鏡面を有する最上層の窒化ガリウム系化合物半導体表面をエッチングするか、または研磨することにより、微細な凹凸を設けて非鏡面とする方法である。エッチングには例えばリン酸+硫酸の混酸を用いるウェットエッチングと、RIE(反応性イオンエッチング)等の装置を用いるドライエッチングとの二種類の方法があるがいずれの方法でもよい。研磨は適当な研磨剤を選択することにより、モース硬度がほぼ9と非常に硬い窒化ガリウム系化合物半導体でも研磨してその表面を非鏡面とすることができる。以上、第一の方法と第二の方法とでは、好ましくは第一の方法で非鏡面とする方がよい。なぜなら、第二の方法は物理的または化学的に強制的に結晶に傷をつける方法であるのに対し、第一の方法は成長中より自然に最上層を非鏡面とできるため、結晶を傷めることがない。従って発光素子とした場合においても、第二の方法では発光強度が低下する恐れがあるが、第一の方法では全くその心配がない。また第一の方法では窒化ガリウム系化合物半導体を最初からオフ基板の上に成長しているため、第二の方法のように余分な工程を省略でき、生産性に優れている。

【0010】

【作用】図3および図4は、発光状態における従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子と、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子との光路を比較して示す模式断面図である。これらの図に付された符号は図1お

よび図2の符号と同一物質を指している。なおこの構造の発光素子において、発光層はp型GaN層3にあたる。ここで、サファイアの屈折率がおよそ1.6、窒化ガリウム系化合物半導体の屈折率がおよそ2である場合、図3に示すように従来の発光素子は、サファイア基板1、窒化ガリウム系化合物半導体2、3それぞれの材料において屈折率が異なるため、p型GaN層3の発光の一部がp型GaN層4と外界（発光ダイオードの場合、エポキシ樹脂が用いられることが多い。）との界面で反射され、さらに反射光はサファイア基板1とn型GaN層2との界面で反射されることにより多重反射となり、次第に窒化ガリウム系化合物半導体層2、3中に吸収されて減衰する。n型GaN層2、p型GaN層3に関しては同一材料であり、それらの屈折率はほとんど同一と見なしてもよい。一方、図4の本発明のように、最上層であるp型GaN層3を非鏡面とした場合、サファイア基板1とn型GaN層2との界面で反射した光は、非鏡面なp型GaN層で散乱するため、窒化ガリウム系化合物半導体内部での多重反射を抑制し、光の干渉を少なくすることができる。

【0011】

【実施例】【実施例1】C面から1°ずらしたサファイアのオフ基板を用意し、その上にMOCVD法を用いて、GaNバッファ層と、Siドープn型GaN層と、Mgドープp型GaN層とを順に成長させる。このようにして成長したp型GaN層の表面には微細な凹凸が無数に形成されていた。次にこのp型GaN層にフォトリソグラフィ技術により所定のパターンを形成して、p型GaN層の一部エッチングし、電極を形成させるだけのn型GaN層を露出させた後、p型GaN層、およびn型GaN層にオーミック電極を付ける。両電極に通電して、この窒化ガリウム系化合物半導体の発光スペクトルを測定したところ、図5(a)に示すようなスペクトルであり、400nmにピークを有していた。

【0012】一方、比較のためサファイア基板のC面上に同様に成長した従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を同様に作製し、そのスペクトルを測定したところ、同じく400nmにピークを有していたが、図5(b)の破線に示すようなスペクトルであった。

【0013】図5(a)と(b)を比較すると、(b)の方は400nmのピーク以外にも410nm付近と、430nm付近と、460nm付近に多重反射による弱いピークが見られる。一方、本発明の発光素子のスペクトルである(a)の方では、それらのピークが見られず、ブロードな曲線となっており、多重反射が緩和されていることがわかる。しかも発光強度は(a)の方が10%以上向上している。

【0014】【実施例2】C面から10°ずらしたサファイアのオフ基板を使用する他は、実施例1と同様にし、発光素子としたところ実施例1と同一スペクトル、ほぼ同一強度の発光が観測された。

【0015】【実施例3】サファイア基板のC面上に成長させる他は実施例1と同様にし、GaNバッファ層、Siドープn型GaN層、およびMgドープp型GaN層を積層した。さらに前記窒化ガリウム系化合物半導体を積層したウエハーをリン酸と硫酸の混酸に浸漬し、p型GaN層表面を非鏡面とする他は実施例1と同様にし、電極を設け、発光スペクトルを測定したところ、実施例1と同一のブロードな曲線が得られ、強度は実施例1に比して約10%低下していた。

【0016】【実施例4】実施例2と同様にサファイアのC面上にGaNバッファ層、n型GaN層、p型GaN層を成長させたウエハーのp型GaN層をRIEでエッチングし、その表面を非鏡面とする他は、実施例1と同様にし、発光素子の発光スペクトルを測定したところ、実施例1と同一のブロードな曲線が得られ、強度は実施例1に比して約5%低下していた。

【0017】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体素子はその最上層の窒化ガリウム系化合物半導体表面を非鏡面としていることにより、窒化ガリウム系化合物半導体層内の多重反射による光の干渉を抑えることができる。従って、窒化ガリウム系化合物半導体の発光を有効に外部に取り出すことができ、発光素子の外部量子効率が増加する。また、発光スペクトルに、目的とする発光ピーク以外の干渉によるピークが出現しないため、窒化ガリウム系化合物半導体を用いて青色発光ダイオードを作製した場合にその色純度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を示す模式断面図。

【図2】 本発明の他の実施例に係る窒化ガリウム系化合物半導体素子の構造を示す模式断面図。

【図3】 従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の光路を示す模式断面図。

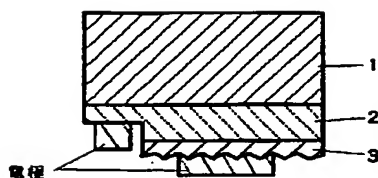
【図4】 本発明の一実施例に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の光路を示す模式断面図。

【図5】 本発明の一実施例に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子と従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の発光スペクトルを比較して示す図。

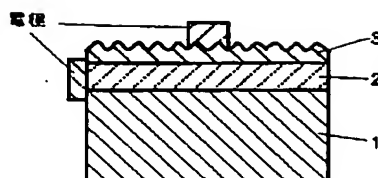
【符号の説明】

1・・・サファイア基板
2・・・n型GaN層
3・・・p型GaN層

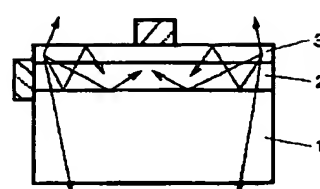
【図1】



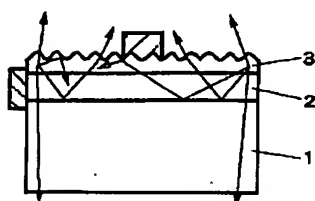
【図2】



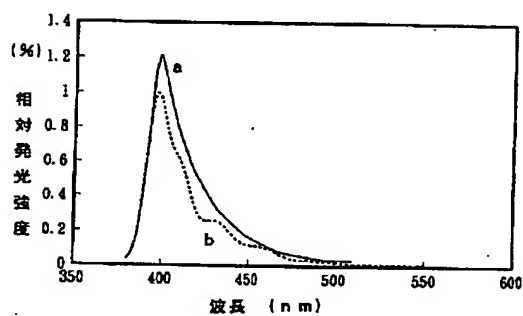
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平3-163883 (JP, A)
 特開 平4-354382 (JP, A)
 特開 平4-42582 (JP, A)
 特公 昭51-23868 (JP, B1)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁶, DB名)
 H01L 33/00
 JICSTファイル(JOIS)